

# Lavoisierにおける火の元素の 概念と酸の理論の形成

吉 田 晃

## I 序

Lavoisier は余りに有名で、今更説明する迄もないくらいであるが、Schéele, Priestley に続いて酸素を再発見し、それ迄支持されていたフロジストン説を打破って、新しい燃焼理論を打ち立てたというのが通説である。そして、酸素という名称をつけたのも Lavoisier であり、結合して酸を生成させるものであるとして、この名を選んだのである。しかし一般に、この酸の理論は誤りであるという事で評価されない事が多い。Lavoisier の燃焼の理論とフロジストン説を扱った研究は非常に多いのであるが、酸の理論を視点の中心に据えて、Lavoisier の燃焼の理論の発展を分析してみるという研究は非常に少ない。

この論文では、Lavoisier における酸の理論の形成を中心として、それと燃焼理論がどうからみ合っているのか、及び彼の抱いていた火の元素の概念、更にはフロジストンの評価をからめて、出版された彼の論文だけでなく、新しく見つけられて公刊された手稿及び実験ノートの分析を通して、Lavoisier の概念の形成発展を再構成するのがねらいである。

## II 空気の考察から燃焼実験へ

### (1) 空気についての考察の初め

Lavoisier が燃焼実験を始めるのは1772年の事であるが、空気については、

既にその6年前から考えていた。実際、1766年5月の日付の付いたメモが二つ残されている。一つは、“Chimie phisique (*sic*); Sur les élémens (*sic*), Sur le feu, l'eau et l'air”と題されていて、J. T. Eller が1746年に発表した論文についての Lavoisier によるコメントである。二つめのものの題は“Chimie, Sur la matière du feu et les élémens (*sic*) en général”となっており、元素に関する短い覚書である。この Eller は、1746年の元素についての論文で、空気は水と火との結合からなると言っていた。Lavoisier は、明らかに Eller の影響を受けて、彼の二つめの覚書の終りの方に、次の様に書いている。

«L'eau a un certain degre de chaleur entre en expansion. Elle se réduit en vapeur. Est-ce une dissolution qui se fait de l'eau dans l'air, ou bien est-ce dans le fluide igné? L'air ne seroit-il pas lui-meme un fluide en expansion.»<sup>(1)</sup>

Lavoisier は、Eller の意見に必ずしも賛成しているわけではないが、火の元素と物質の気体状態との関係に注目するきっかけがここで生れたと見る事ができよう。

同じ覚書の中で、Lavoisier は更に次の様に書いている。

«resteroit a examiner. Si cest la matiere du feu latmosphere du soleil pure qui est unie a leau ou bien Si cette meme matierre y entre dans letat d acidum pingue.»<sup>(2)</sup>

ここで出て来た acidum pingue とは、J. F. Meyer が考え出した普遍的な酸の元素である。彼が1764年に出版した本によると、この acidum pingue はどこでも空気中に広がっていて、これと結合する事によって、硫酸や硝酸、塩酸が生成するとしている。又、これが煅焼により金属と結合すると金属灰が生成するが、その重量が増加するのも、acidum pingue のためだとしている。更に、酸の溶液中に溶けている金属が、消石灰との混合によって金属化合物として沈澱するのも acidum pingue との結合によるものであり、重量の増加もそのためであるとしている。この Meyer の本のフランス語訳<sup>(3)</sup>は丁度1766年

に出版されたばかりであり、Lavoisier は内容を良く知っていただけでなく、Meyer の考えにむしろ共鳴していた様でもある。たとえば、1766年9月付で、“Chimie, sur l'acidum pingue” と題された手稿の中で、炭酸鉛を還元する実験において、次の様に Lavoisier は書いている。

《.....cette experience favorise l'acidum pingue》<sup>(4)</sup>

更に、鉛丹の還元においても

《.....ce qui favorise merveilleusement le systeme (sic) de l'acidum pingue》<sup>(5)</sup>

と、Meyer の考えに同調する様な書き方が見られる。Lavoisier のこの評価は数年続くのであるが、それというのも、Meyer が否定しようとした Black の理論を、Lavoisier は詳しく知らなかったかららしい。恐らく、Lavoisier が Black の理論を正確に知ったのは、1769年に出版された Jacquin の本によってであろう。この Jacquin は、Black の実験を繰り返し、Meyer の理論が誤っている事を確証した<sup>(6)</sup>。すなわち、石灰が加熱によって苛性を持つのは、Meyer の acidum pingue が結びつくからではなく、Black の言う「固定空気」（二酸化炭素の事）が失われるからだという事を定量実験により再確認した。

Jacquin の本が出る以前では、気体に関する情報源と言え、S. Hales の書いた *Vegetable Staticks* のフランス語訳<sup>(7)</sup>であろう。実際、1768年に書かれた手稿の中で、Lavoisier は酸とアルカリ（炭酸塩）が反応した際に発生する気体はどこから由来するのかと疑問を發しており、その気体は「固定」されていたと解釈する化学者として Hales の名を上げている。

《Enfin, d'où vient cet air qui s'échappe avec tant de vivacité dans le moment de la combinaison, et qui, jouissant de son élasticité naturelle, occupe sur-le-champ un espace énormément plus grand que celui des deux fluides dont il est sorti? Cet air existait-il primitivement dans les deux mixtes? Y était-il en quelque façon fixé, comme le pensait M. Hales et comme le pensent encore la plupart des physiciens, ou bien

est-ce un air, pour ainsi dire factice et qui soit le produit de la combinaison, comme le pensait M. Eller ?》<sup>(8)</sup>

ここで、Hales と対立する考えの者として Eller の名が出ているが、Lavoisier はどちらに賛成しているのかは、この手稿を見る限りでは明らかではない。

この後、Lavoisier は水が土に変換するかどうかの問題に取組み、気体に関する考察は暫くお預けになった様である。

## (2) 火の元素と空気

1772年2月8日、Macquer と Malouin は科学アカデミーの会合において、Guyton de Morveau の論文に対する報告を発表した。Guyton de Morveau は、煅焼によって貴金属以外の総ての金属の重量が増加する事を確認し、その説明として、金属から離れるフロジストン（燃素）の比重が大気より軽い、更には、このフロジストンが負の質量を持つとすれば説明がつく事迄示唆している<sup>(9)</sup>。このフロジストンというのは、G. E. Stahl によって名付けられた一種の火の元素で、当時多くの化学者によって、燃焼や煅焼は、物質中に含まれていたこのフロジストンが遊離する現象とされていた。

Lavoisier がこの Guyton de Morveau の説をどう受け取ったのかは定かではないが、煅焼の問題について考える一つの契機にはなった様である。

更に Lavoisier を直接燃焼の問題に関わらせたのは、この年の春頃行われたダイヤモンドの実験であった。Macquer 及び Cadet と協力して行われた実験から、ダイヤモンドはそのままでは炉の中で消滅してしまうが、密閉した容器に入れれば高熱にも耐える事が確認された。つまり、ダイヤモンドの消滅には、空気との接触が必要という結論である。しかし、Lavoisier 達は、ダイヤモンドが本当に燃焼するのか、それとも高温で空気に触れると粉々になって蒸発してしまうのかの結着はつけられなかった<sup>(10)</sup>。

こういった時期に合わせるかの様に、Trudaine が1772年7月14日、Priestley の書いた「固定空気」(CO<sub>2</sub>) に関する短いパンフレットを、Magellan によるフランス語のレジメと共に Lavoisier のもとに送った<sup>(11)</sup>。この英文の

パンフレット自体<sup>(12)</sup>は、二酸化炭素を水に溶かして、酸味のある炭酸水の作り方を述べただけのもので化学的には意味のあるものではない。一方、Lavoisier は、1772年7月18日の科学アカデミーの会合で、「固定空気」に関する Magellan からの書簡を朗読した<sup>(13)</sup>。しかし、この書簡は Lavoisier にあてられたものではなく、又、Trudaine の受け取ったものでもなく、別の第三者あてに來たものを読んだ様である。この書簡の中で、Magellan は主に「固定空気」の医学的な効用について説き、最後に Priestley の方法よりも簡単だという炭酸水の作り方を紹介している<sup>(14)</sup>。これだけでは Lavoisier の興味をそれ程引くものではないが、Black による「固定空気」の発見、及び最近 Priestley が数種の気体についての研究を発表した事などが記され、Lavoisier が更に詳しい情報を得るための助けになった事と思われる。

1772年8月、Lavoisier は凹面鏡の焦点に集まる太陽光線を使って行うべき実験についての覚書を書いた。この手稿の中で、彼は実験だけでなく、燃焼、煅焼、還元、フロジストン、更に「固定空気」について発言及している。ここで、Lavoisier は、大部分の鉱物や金属の構成物として、多くの「空気」が含まれていると考えている<sup>(15)</sup>。そして、注意すべき事は、大部分の金属は凹面鏡の焦点の太陽光線に当てられた後は、酸と会っても気体を発生しない事だと言う。その理由として、

《Sans doute que le degré de Chaleur qu'ils y éprouvent leur enleve l'air qui entroit dans leur Combinaison》<sup>(16)</sup>

つまり、太陽光線による熱で、結合していた「空気」が逃げてしまったのではないかと考えている。ここで、Lavoisier は金属酸化物の重量増加には注意をしていないために、こう考えてしまった。

Lavoisier は上記の覚書と並行して、実はもう一つの試論を書いていた。それは「空気の本質について」と題されていて、上記の覚書の発表された日に、科学アカデミー書記長の署名をもらっているが、発表はされなかった様である。この二つめの試論の中で、次の文章を書き、次いで全体を線で抹消した。

《il paroît qu'il entre peu d'air dans la composition des acides mine-

raux [et vegetaux] au moins ne S'apperçoit-on pas qu'ils en fournissent  
Sensiblement dans les combinaisons une preuve de ce fait c'est qu'on  
peut [autant] donner a un corps quelconque la propriete de faire effervescence avec les acides ou lui enlever a volonte》<sup>(17)</sup>

すなわち、酸と反応して気体を発生させる物質の性質を変える事により、気体の発生をなくする事ができるから、この「空気」は酸と結合している筈はないというのである。その良い例は、先程上げた金属と金属酸化物であろう。Lavoisier が何故この文章を抹消したのかは分らないが、恐らく、論理的には必ずしもそうとは言えないからであろう。いずれにせよ、Lavoisier は後にこの考えを変える事になる。

火の元素 (matière du feu) について、彼は次の二つの状態を考えた。

《1° Comme combinée avec les autres elemens et [avec tous les corps  
Comme on l'observe également de l'air] peut etre avec tous les corps de  
la nature a differente dose tel quest a peu pres l'air 2° Comme un fluide  
de Stagnant qui penetre les porres de tous les Corps.》<sup>(18)</sup>

つまり、結合した状態と自由な状態であり、後者の状態の時の量の多少が熱の多少を決めるとした。実はこの火の元素の考えは、Stahl 以前からあった古い考えであり、Lavoisier は古い考えをそのまま持って来たに過ぎない。一方、前者の状態というのは、気体の発生のメカニズムの説明に利用される事になる。Lavoisier は既述の様に、1768年には、酸とアルカリ（炭酸塩）から発生する気体について、質問を発していたが、ここで再び同じ問題を探り上げた。つまり、どうして空気は、大気中で占める体積の600分の1もの小さな体積に、固体の中では収まる事ができるのか。その答は、

《La Solution de Ce problem tient a une theorie Singuliere que je vais  
essayer de faire entendre cest que l'air que nous respirons nest point un etre  
simple Cest un fluide particulier combine avec la matiere du feu.》<sup>(19)</sup>

すなわち、空気は火の元素と結びついて膨張し、火の元素を失う事によって収縮するのであるから、火の元素が完全に近い状態で除かれれば、空気は非常

に小さな体積に収まる事ができるという考えである。この考えは、Lavoisier においては、彼の後の化学思想の発展の基本となる考えであり、一生変わらずに持ち続けた考えであった。しかも、この考えのもとには、1766年の Eller の元素についてのコメントの中に芽生えがあったといえる。

### (3) 燃焼実験への取り組み

Lavoisier が残した実験ノートによると、1772年9月10日、燃焼によって「空気」が吸収されるかどうかを試すため、燐を燃やした<sup>(20)</sup>。次いで10月20日には、燐が燃焼によって空気を吸収して重量を増加する事を記した小論文を提出して、科学アカデミー書記長の署名をもらっている<sup>(21)</sup>。この小論文では、点火以前に空気中に晒した状態で発生している蒸気にも注目し、これを空気と燐の結合した燐酸と断定しているが、実際に分析して確かめた様子はない。

《Le Contact de l'air libre est nécessaire pour Cette operation parce que la vapeur du phosphore en se convertissant en esprit volatil acide de phosphore absorbe une (quantite considerable) petite portion d'air de sorte qu'il est prouvé que l'air entre naturellement dans la composition de ce mixte.》<sup>(22)</sup>

更に11月1日には、科学アカデミーの書記局に封印した覚書を提出した。今度は、硫黄の場合も燐と同じ様に、燃焼によって「空気」を吸収して重量を増加するという発見であった。Lavoisier はこの事実が金属灰の重量増加にもあてはまるのではないかと推量し、酸化鉛の還元を行った所、多量の「空気」を得た。こうして、鉛の煅焼による重量増加は、「空気」の吸収によるという事を確認した<sup>(23)</sup>。さて、この還元の実験であるが、Lavoisier はいかにして行ったかを明らかにしていない。しかし当時の普通のやり方からすれば、炭の粉を混ぜて加熱（恐らく凸レンズか凹面鏡による太陽光線）した筈であり、得たのは、二酸化炭素の筈であった。ここで、炭の粉を使わないと還元が出来ないという所が実験の大きな障害であり、そのために長期間、Lavoisier は混乱した中であって、方角を見出せない状態に陥る事になる。

### Ⅲ 金属灰と「固定空気」の研究

#### (1) 金属の煅焼実験への取組み

1773年2月20日、Lavoisier は「固定空気」研究のための一種のプログラムを書いた。その中で、酸についての考えが前年8月とは異なってきている事がうかがえる。すなわち、今度は酸に気体が含まれていると考え、その気体の源は大気にあるとしている。そして、この気体は、発生したもとの物質の蒸気と結びついた空気そのものか、或いは少なくとも大気中の空気からとり出される物質だと考えている。

«cette substance est l'air lui-même, combiné avec quelque partie volatile qui s'émane des corps, ou au moins.....c'est une substance extraite de l'atmosphère.»<sup>(24)</sup>

Lavoisier が考えを変えたのは、勿論、前年の末に、燐と硫黄が「空気」と結合する事によって酸になるという事実を見出したからである。ここで注意すべき事は、どうやらこの二例だけから、この理論を総ての酸に拡張してしまっているらしい事である。これがもとになって後に酸の理論が形成されていくのである。問題は、その大気中であって燃焼の際に結びつく「空気」の本性である。これを調べるために、Lavoisier は以後一つずつ、燃焼の実験を取上げ、繰返して行く事になる。

1773年3月末、Lavoisier は水に逆さに浮かべたガラス鐘の中に入れた鉛を、凸レンズによって集めた太陽光線により、煅焼する実験を行った。所が金属灰が少しだけできて、それ以上は煅焼が進まなくなってしまった事に、彼は驚いた。

«J'ai vu avec surprise que le plomb ne se calcinait pas davantage. J'ai commencé dès lors à soupçonner que le contact d'un air circulant est nécessaire à la formation de la chaux métallique; que peut-être même la totalité de l'air que nous respirons n'entrait pas dans les métaux que l'on calcine, mais seulement une portion, qui ne se trouve pas bien abon-



damment dans une masse donnée d'air;》<sup>(25)</sup>

この結果から、金属灰の生成には、空気の流通が必要であり、その際結合する気体は、空気の中の小部分に過ぎないのではないかと考え始めた。Lavoisier は当時の化学者の説をまだ余り良く知らなかったのか、というより他の学者の言う事は自分で実験して確かめる迄は、余り信用しなかったというのが本当の所らしい。なぜなら、既に Venel が、煅焼は密閉した容器の中では起らない事を言っており、Lavoisier 自身、この Venel の書いた“煅焼”の項目（『百科全書』中の項目）<sup>(26)</sup>をこの少し後に引用しているからである。又、既に Macquer も、彼の『化学事典』の中で金属の煅焼は燃烧と同じであるとはっきり言っている<sup>(27)</sup>。そして、Lavoisier は、燃烧は密閉した容器中では殆ど進まない事を知っていた。

いずれにせよ、この金属灰についての実験が、彼の研究の主要部分を占める様になった。

## (2) 金属煅焼の新理論

1959年に、R. Fric は、Lavoisier の二つの未刊の手稿を出版した。一つの論文は1773年4月15日と日付が入っており、二つめの論文には日付がない。しかし、科学アカデミーの記録には、1773年4月21日に、「Lavoisier 氏が金属煅焼の新理論に関する論文を発表した」<sup>(28)</sup>とある。実際、この Fric の見つけた二つめの論文の題は、

《Sur une nouvelle theorie de la calcination et de la reduction des substances metalliques sur la cause de laugmentation de poids quelles acquierent au feu et sur differens phenomenes qui appartiennent a l'air fixe》<sup>(29)</sup>

となっており、内容からも、Fric の言う通り、この二つめの論文は、4月21日に読まれたものである事は間違いない。所が、4月15日と日付の入った論文と比べてみると、どうしても、この15日付の論文の方が後に書かれたとしか思われな。実際、この4月15日付の論文の中で、既に金属煅焼の理論を発表したと言っているのである<sup>(30)</sup>。所が筆者の手元の文献を調べた限りでは、4月

21日より前に Lavoisier が金属煅焼の理論を科学アカデミーで発表したという形跡はない。更に、Lavoisier の手稿や実験ノートに記されている日付は、Lavoisier が後から付け加えたり、或いは第三者が書き加えたものもあって、必ずしも正確でない事が分っている。

以上の様な理由から、(特に内容の検討の結果であるが) 1773 年 4 月 15 日付の論文は実は 4 月 21 日以後(しかし余り遅くない時期)に書かれたと考えられるので、先ず 4 月 21 日の論文の分析から始める。

この 1773 年 4 月 21 日は、Lavoisier が初めて公に彼の金属煅焼の理論を発表した時である。非公式には、既に前年の 11 月 1 日に封印した覚書の中で述べられていたが、この封印が解かれて科学アカデミーの会で公開されるのは、1773 年の 5 月 5 日ではない。この 1773 年 4 月 21 日の論文で彼が示した結論は、次の三点であった。

«il resulte evidemment de ces experiences 1° qu'une chaux metallique [n'est autre chose que] resulte de la Combinaison d'un metal quelconque avec une Certaine quantite d'air fixe. 2° que la reduction metallique [ne consiste que] consiste essentiellement [et peut etre uniquement] dans le degagement de ce meme air dont le metal etoit en quelque facon Saturé. 3° enfin que c'est a l'air fixe Contenu adondamment dans l'atmosphere que les metaux doivent l'augmentation de poids quils acquierent pendant la Calcination.»<sup>(31)</sup>

一つめは、金属灰は、金属と「固定空気」( $\text{CO}_2$ )との結合からなる事。これは既に述べた様に、Lavoisier が還元の際常に炭の粉を使った事の結果である。それ迄は単に「空気」と言っていたのが、ここで「固定空気」と断定した。

二つめの点は、還元とは、この「固定空気」が遊離する事。三つめは、この「固定空気」は空気中にふんだんに有って、金属灰の重量増加はこの「固定空気」の結合のせいである事となっている。

次いで、硫黄と燐の燃焼実験に触れ、同じ様に「固定空気」の吸収と、それ

に帰因する重量増加がある事を明言している。これも、公の場では初めての発表である。更に、Lavoisier の気づいた現象は、もしこの燃焼を密閉した容器で行うと、容器の大きさに拘らず、その体積の $\frac{1}{4}$ から $\frac{1}{5}$ の空気が吸収され、それ以上は進まないという事、すなわち、残りの気体はもう燃焼を支える事が出来ないという事であった<sup>(32)</sup>。

ここで、硫黄と硫酸の違いというのは、後者は前者が「固定空気」で飽和し、かつ水と結合したに過ぎないものであるから、酸の性質は、この「固定空気」によるものと結論している。

《C'est a Cet air fixe [quil] que ce dernier (=l'acide vitriolique) Contient en tres grande abondance que Sont dus la part des phenomenes quon observe dans les Combinaisons de Cet acide.》<sup>(33)</sup>

そして、この事実は硫酸や燐酸の場合だけでなく、総ての酸の生成で同じであるとして一般化してしまった。

《Cette absorption d'air au Surplus nest pas particuliere a l'acide du Soughre ni a Celui du phosphore. elle est la meme dans la formation de tous les acides.》<sup>(34)</sup>

そう言ったにも拘らず、Lavoisier は、この二つの酸以外には、例として一つしか上げていない。それは発酵によってできる酢酸である。Lavoisier は、Abbé Rosier の書いた『ぶどう酒概論』を引き合いに出しながら、酢酸の生成の経過を説明している。すなわち、初めはアルコール発酵が起って、多量の「空気」が発生するが、それが更に進むと今度は発生していた空気が再吸収され、酸の成分になってしまうというのである<sup>(35)</sup>。勿論、この Lavoisier の考えは間違っており、一般化を急ぎ過ぎたわけであるが、それだけ Lavoisier は最初の燃焼実験で得られた燐酸と硫酸——「空気」の結合で得られたものがたまたま二つとも酸であった——に強く印象づけられていた事が分る。しかも、この考えを彼は一生変わらず持ち続けるのである。

次に Lavoisier はつけ加えて、Stahl のフロジストン迄言及しているが、具体的には別の論文で触れるとし、ただそれに関して非常に特異な事があると言

っている。

《je n'examine point dans le moment Si le phlogistique de Sthalh (*sic*) entre pour quelque chose dans les phenomenes de la calcination et de la reduction des metaux je traiterai Cette question dans un memoire [a part] separé et j'aurai a Cet egard des choses très [extraordinaires] singulieres a annoncer a l'academie.》<sup>(36)</sup>

筆者によれば、その別の論文というのは、実は4月15日の日付を持った論文であり、特異な事というのは、未だ公にしていなかった火の元素の結合・分離と空気の体積の事を指していると考えて良いと思う。

更にこの4月21日の論文の最後で、上記の内容を少し展開しフロジストン説の批判を行った。

《Ce seroit Sans doute icy le lieu de faire quelques reflexions Sur la doctrine de Sthalh (*sic*) sur le principe quil appelloit Plogiston [et dont les chimistes ont depuis tant] ou phlogistique et dont les chimistes depuis lui ont quelquefois abusé Sous le nom de phlogistique. on Scait en effet que cest a labsence et a la presence de ce principe quil attribuoit la Calcination et la reduction metallique la transformation du Souphre en acide vitriolique [et d] de l'acide vitriolique en Souphre, enfin un très grand nombre de phénomènes chimiques mais mes experiences ne Sont point encore asses Complettes pour oser [encore] entrer en lice avec Ce Celebre chimiste.》<sup>(37)</sup>

これは、Lavoisier による初めての公なフロジストン説の批判であるが、穩で Stahl よりむしろ化学者が濫用 (abuser) したという言い方をしている。言外には、金属の煅焼や還元、又硫黄の硫酸への変換やその逆は、フロジストンの有無ではなく、「固定空気」の結合・遊離によるのだという事を匂わせているのである。しかしながら、Lavoisier はフロジストン説を批判しながらも、フロジストンそのものの存在を否定しているわけではない事に注意をする必要がある。

### (3) 火の元素と物質の三態

次に、1773年4月15日の日付を持つ論文の方は、“*Essay sur la nature de l'air*”と題されていて、内容は、前年の8月の覚書の中で初めて言及された火の元素と空気の結合の考えの発展である。すなわち、Lavoisierによれば空気とは、「固定部分」(*partie fixe*)と火の元素の結合でできているのである。Lavoisierは、この考えを更に一般化して、総ての物質は結合する火の元素の量によって三態を取る事が出来ると考えた。よって、空気から火の元素を取り除けば、空気も固体状態を取る事ができ、実際に金属灰の生成の際に、その事が起っていると考えた。逆に、還元の時、火の元素と結合する事により、固体状態にあった空気が気体状態に変わって遊離する事になる。よって、

«Ce nest [donc] point a proprement parler le metal quon reduit auquel on rend le phlogistique (cest) [a lair en quelque façon [veritablement] quon reduit] Comme le pensoit Stahl cest lair lui meme qui Se reviviffie qui reprend Son etat dexpansion par la combinaison avec le phlogistique»<sup>(38)</sup>

つまり、Stahlが考えた様に金属にフロジストンを還元するのではなく、空気自体が還元される、すなわち、フロジストンとの結合によって空気が膨張状態を取り戻すのだというのである。ここで気づかれる事は、Lavoisierは火の元素とフロジストンとを同一物としている事である。前述した様に、彼はフロジストン説を批判する事によってフロジストンを否定したのではなく、フロジストンをより古い説であった火の元素に戻してしまったのである。

さて、こうした金属煅焼現象の解釈は、全く新しいものであり、当然同じ解釈が燃焼についても適用される。結局、金属煅焼とは燃焼に過ぎないという事を、LavoisierはVenelによる『百科全書』の中のcalcination(煅焼)の項を引用しながら述べている<sup>(39)</sup>。所で、結局この4月15日の日付のある論文は発表される事もなくしまわれてしまった様である。

### (4) *Opuscles physiques et chimiques*

1773年4月末、Lavoisierは科学アカデミーにおいて、「固定空気に関して

なされた事総ての歴史」をまとめた論文の発表を始めた。これは翌年の初めに出版される著書 *Opuscules physiques et chimiques* の第一部をなすものであり、発表は5月にも続けられた<sup>(40)</sup>。次いで、この著作の第二部に相当する部分が同年7月に発表された（しかし一部分のみ）。この第二部は Lavoisier の実験が主であるが、大部分は、第一部の歴史の中で引用された化学者の実験の追試と再考である。Lavoisier の実験には独創性がなく真似ばかりとは、良くなされる批判であるが、Lavoisier も言っている様に、結果の解釈は全く彼の独創であって、真似事ではない。この著作で、彼は初めて、気体は総て、固体又は流体の物質と火の元素との結合であるという考えを公にした<sup>(41)</sup>。

一方、「固定空気」に関しては、Lavoisier は自分の間違いに段々気づいてきた様である。まず、この著作の第二部において、「固定空気」という言葉は使われず、「弾性流体」(*fluide élastique*) という言葉が一般的に使われている。よって、金属に「固定空気」が結合すると言う事もない。一箇処だけ明らかに Lavoisier の誤りの残っている所は、溶液中の金属の沈澱の章である。そこでは、石灰やアルカリ（炭酸塩）中に含まれているのと同じ「弾性流体」が溶液中の金属と結びついて、金属灰を作って沈澱させるとしている<sup>(42)</sup>。一方、煅焼については、「大気中の空気」又は「空気中に含まれている何がしかの弾性流体」が金属と結合すると考えている<sup>(43)</sup>。しかし、この結合する「弾性流体」が何かは分っていない。

金属灰の還元には炭を使っていたが、それにも注目して、金属にフロジストンに戻す役目をしているのか、それとも「弾性流体」の構成物になっているのか自問しており、ここでは一応実験的証拠不足のため答を出すのを差し控えている。

《Servent-elles (=des matières charbonneuses), comme le pensent les disciples de M. Stahl, à rendre au métal le phlogistique qu'il a perdu? ou bien ces matières entrent-elles dans la composition même du fluide élastique? C'est sur quoi il me semble que l'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas encore de prononcer.》<sup>(44)</sup>

しかし、そのすぐ後で、炭の役割は、金属灰中の「弾性流体」に火の元素（フロジストン）を渡し、弾性を取り戻させる事にあると考えている事から、Lavoisier の上述の疑問への答えは明らかである。

では、いつ頃 Lavoisier は、「固定空気」(CO<sub>2</sub>) が金属と結合するのではないらしいと気づいたのであろうか。彼の実験ノートには1773年7月1日付で、次の記録が残されている。

«Persuadé que la combustion du phosphore absorbe l'air fixe contenu dans l'air, ou plutôt le soupçonnant, j'ay pensé qu'en rendant de l'air fixe à cet air, on pourrait peut-être le rendre air commun.

J'ai fait le mélange, mais j'ay introduit trop d'air fixe, etc. — Le mélange éteignait une petite bougie.»<sup>(45)</sup>

燐を燃焼させて残った気体に「固定空気」を混ぜたが、普通の大気中の空気と同じ性質には戻らなかった。この否定的な結果に対する Lavoisier 自身のコメントはないが、この時点では、燃焼で使われる気体は大気中の「固定空気」(CO<sub>2</sub>) であるとまだ考えていた事が分る。

1773年8月7日、Lavoisier は、出版を希望している固定空気の概論 (un traité sur l'air fixe) の審査のため、委員の選出を科学アカデミーに依頼した<sup>(46)</sup>。この概論は、*Opuscules physiques et chimiques* なのではあるが、これは一応本がこの時点で出来上ってきた事を示している。所が、Lavoisier は10月に炭を密閉容器中で加熱する実験をやっており、最終的に出版された本には、この実験が記載されている<sup>(47)</sup>。そして、科学アカデミーの選出委員が本の審査の報告書を読み上げたのは、12月7日であり、この時点で本の題には「固定空気」の言葉がなく、*Opuscules physiques et chimiques* となった<sup>(48)</sup>。すなわち、8月頃の出版はやめて実験をつけ加え、執筆を終えたのが11月であった事になる。その際、題名も変えたと言ってよいであろう。題名に「固定空気」の言葉を使うのをやめたという事と、本の第二部にもこの言葉が使われないという事は当然関係があり、この年の8月か9月頃に、Lavoisier は「固定空気」が燃焼・煅焼に使われるのでない事に気がついたのではないかと推測される。

## IV 酸の気体の研究

### (1) Priestley の訪問

前述の *Opuscules physiques et chimiques* は、1774年の1月に出版された。Lavoisier は、自分の本の一冊をロンドンの王立協会を通して、Priestley に送っている。又、その時の書簡で、Priestley が出版を予定している本が出たら返ってほしいという希望も述べている<sup>(49)</sup>。Priestley の著作は、1774年の2月か3月頃出版された様であるが<sup>(50)</sup>、Lavoisier がこの本をいつ手に入れたのかは定かではない。

実験の方は、Lavoisier は2月に鉛と錫の煅焼の実験をやっており、結果はやっと11月になって発表されている。3月には水素の燃焼実験をやっているが、水が生成する事が分らないため、はっきりした結果も出ない<sup>(51)</sup>。という事で、そろそろ他の気体にも目をつけて、金属灰以外の実験も始めたが、科学アカデミーに報告する程の成果は得られなかった様である。

そうした時期、1774年10月にたまたま Priestley がパリを訪れ、Lavoisier の家にも招かれた。Priestley 自身が後に語っている所によると、Lavoisier の家の食卓に招かれた際、多くの学者のいる前で彼が少し以前に発見した新しい気体の話をした。その気体の中では、ろうそくが大気中よりも良く燃える事を話したら、Lavoisier 夫妻以下一同が驚いたという。更に、この気体は酸化水銀や鉛丹から得られる事を告げたというのである<sup>(52)</sup>。実際、Priestley は、同年8月の初めに酸素を発見していたのであるが、不思議な事に、Lavoisier においては、この会見の記録がなく、実験ノートを見ても、Priestley の話を聞いてすぐ酸化水銀或いは鉛丹の還元に取りかかったという形跡がない。ただ一箇処だけ、Lavoisier がそれらしき事を述べている所は、1775年4月26日に発表した論文の注である<sup>(53)</sup>。この注で、彼は1774年の11月に、凸レンズを使って酸化水銀の実験を試みた事をもらしている。恐らく、11月には、少し試してみただけで、酸素を実際に得る所迄は実験を進めなかったものと思われる。結局、Priestley がほのめかしている程には、Lavoisier は彼の話に感銘を受け



なかった様である。実際 Priestley にせよ、この酸素の中ではろうそくが良く燃えるという事以上の事は知らなかったのであるから。

Priestley の訪問は、むしろ燃焼に関係して来ない気体に Lavoisier の目を向けさせた様である。実際、10月28日には、塩化水素、硝気 (NO) を取り上げ「固定空気」(再びこの言葉を使っている) と比較している。

《Dans la rigueur du mot, l'acide marin n'est que de l'eau imprégnée d'air marin. Il en est à peu près de même de l'acide nitreux.

Il y a grande apparence que l'air fixe n'est autre chose qu'un acide en vapeurs, tout comme l'air marin et l'air nitreux.》<sup>(54)</sup>

Lavoisier は、塩酸 (acide marin) とは塩化水素 (air marin) が水に溶けたに過ぎない事に気づき、硝酸 (acide nitreux) も同じ様なものだと考えている。この考えの裏には、彼には燐酸と硫酸が、やはり気体が水に溶けて出来るという知識がある事を忘れてはならない。そこで「固定空気」も塩化水素や硝気 (air nitreux) と同様、酸の蒸気であるらしいと考えた。既に、スウェーデンの化学者 Bergman は「固定空気」を「空気酸」(aerial acid) と呼び、酸である事の証拠としてひまわりの青汁を赤に変えると報告しており、Priestley はこれを紹介している。

しかし、Lavoisier は、*Opuscules physiques et chimiques* の中では、「固定空気」の水溶液が酸であるという考えには懐疑的であった<sup>(55)</sup>。それが、ここにきて意見を変える様になった。この転換は重要で、後の酸の本性の探求の基礎となっている。

## (2) 酸についての考察

Lavoisier は、実験ノートの中で、1774年11月の下旬から1775年2月末の間に相当する部分で、メモを残している。「植物分析の考察」と見出しがついているが、その前半で、炭の燃焼についても触れている。

《Nous ignorons : ……3° Ce que c'est que le charbon. Nous savons bien qu'en brûlant il convertit l'air évidemment en air fixe; mais nous ne savons pas s'il donne lui-même de l'air fixe; ce qui s'en dégage pendant

la combustion et le rapport de ce qui reste avec le poids qu'avait originellement le charbon.》<sup>(56)</sup>

つまり、炭とは何か分らない。炭を燃すと、空気を「固定空気」に変える事は分っている。しかし、炭自体が「固定空気」を発生させているのか、燃焼中に何が発生しているのか、そして、初めの炭の重量と残ったものの重量の関係が分らないというのである。これは、結局、酸素が得られる迄解決できない問題であった。

このメモの後半は、「酸の本質について、種々の空気の本質について」と題されていて（但し、後から書き加えられたもの）、もう論文の形をとっている。内容は、1774年の10月の酸についての考察の発展である。Lavoisier によれば、大部分の酸は、気体の形態であるという。その例として、塩化水素、硝気（NO）、「固定空気」を上げており、ここ迄は1774年10月の考察と同じであるが、実は、硝気（NO）には問題があった。というのは、硝気は水に溶けず、従って、硝酸とならないからである。この問題に対し、Lavoisier は次の様に答えている。

《Je répondrai que l'air nitreux n'est pas effectivement de l'acide nitreux en vapeur; qu'il lui manque pour acquérir cette qualité un quelque chose qui est contenu dans l'air; que ce quelque chose s'y combine lorsqu'on mêle de l'air nitreux avec l'air ordinaire et qu'aussitôt il devient acide nitreux, se combine avec l'eau et cesse d'être air nitreux dans un état d'expansion fixe.》<sup>(57)</sup>

つまり、硝気（NO）が硝酸になるためには、空気中にある「何か」（un quelque chose）が欠けており、硝気と普通の空気を混ぜるとこの何かが硝気と結合して硝酸になるというのである。実は既に Priestley が、硝気と空気を混合すると体積が減少して、茶色っぽく色がつく事を観察していた。これは、NO と酸素が結合して NO<sub>2</sub> が生じるためであるが、NO<sub>2</sub> は実はまだ硝酸ではなく、一部重合して生じる N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> が水に溶けて、水溶液中に硝酸と亜硝酸ができるのである。いずれにせよ、Lavoisier は、この「何か」の探求を続ける

が、壁に突き当たった感じの燃焼の問題から離れて、酸の問題から突込むというのが発想の転換として興味のある点である。

### (3) 火の元素とフロジストン

Lavoisier は、1775年2月末の日付で、“De l'élasticité et de la formation des fluides élastiques” と題された論文の手稿を残している。前半は、火の元素と気体状態の問題であるが、後半は、前節での問題の発展である。しかし、ここで Lavoisier はフロジストンを火の元素とは別のものと考えて導入を図ったため、複雑な現象のメカニズムを作り上げてしまった。彼は、金属灰の生成を次の様に説明している。

«il paroît constant en effet que toutes les fois que l'air est combiné avec les émanations des métaux en calcination il est changé en air fixe et qu'il se combine ensuite avec les métaux et augmente leur poids.»<sup>(58)</sup>

先ず煅焼において、空気が「金属からの発散物」(émanations des métaux)と結合すると「固定空気」になるとしている。そしてこの「固定空気」が金属と結合して重量増加をもたらすとする。すなわち、空気中にある「固定空気」と結合するのではなく、むしろ空気中には「固定空気」は存在しない事になる。Lavoisier は既に、空気を石灰水に通しても沈澱ができないという実験はやっていた。さて問題は、この「金属からの発散物」とは何かであるが、Lavoisier は続けて、この金属から蒸発する元素は、火の元素ではないと言っている。更に、次のパラグラフで、金属のフロジストンの親和力は、硝気に対してよりも普通の空気に対しての方が強いと、後者と結合して「固定空気」が生成すると言っている。よって、この「金属からの発散物」はフロジストンをさしていると考えられる。つまり、Lavoisier は、空気とフロジストンが結合して「固定空気」となるとしたのである。

硝気 (NO) と硝酸の関係については、次の様に考えた。硝気とは、「硝酸の蒸気」(acide nitreux en vapeurs) に火の元素とフロジストンが結びついたものであると<sup>(59)</sup>。そして、硝気と普通の空気を混合した時の反応を次の様に複雑に解釈している。先ず、硝気中のフロジストンが空気と結合して「固定空

気」となる。フロジストンを失った硝気は、火の元素も失って「硝酸」( $\text{NO}_2$ ?)となる。そして「固定空気」の一部はこの硝酸と結合して酸の強さを増す。それによって、Lavoisier は、この混合気体の体積減少を説明した。この説明は Priestley の system によく合うと言っている事から、Priestley の影響でこの説明を考えた事は間違いない。しかし、違う点もあった。何故、「固定空気」の中で物が燃えないかという質問に対する Lavoisier の答は次の様である。

《je reponderai que cest parceque il est necessaire que lair fournisse son contingent du feu a la flamme or la matiere du feu etant tres inherent [a la flamme] a lair fixe il ne la lache pas cette matiere au contraire tient beaucoup moins a lair ordinaire.》<sup>(60)</sup>

つまり、燃焼とは火の元素の供給がなくては起らないのに、この元素は「固定空気」と強く結びついていて離れないからである。一方、火の元素は、普通の空気とははるかに弱く結びついていていうのである。所が、この説明では、フロジストンの出番がないので、先程の理論と合わないから厄介だと Lavoisier は考えている。

《mais cette reponse ne cadre plus avec les precedentes dans les quelles on a suppose que le phlogistique selevait des corps combustibles. ce qui devient tres embarrassant.》<sup>(61)</sup>

この手稿の中で、火の元素と別のものとしてフロジストンを初めて認めた事からも分る様に、Lavoisier が酸素を初めて得る前夜は、理論の上でのかなりの混乱があった事がわかる。

## V 酸素の再発見による酸の理論の形成

### (1) 酸素の再発見

1775年2月末と3月初めに、Lavoisier は Trudaine と一緒に Montigny の実験室で、酸化水銀の実験を行ったと言っている<sup>(62)</sup>。彼の実験ノートを見ると、確かに、2月28日の日付の後に、以下の記述が見られる。

《Air du mercure précipité *per se*

On était bien persuadé que cet air ainsy dégagé d'une espèce de chaux métallique était de l'air fixe et on lui a fait subir l'épreuve de l'eau de chaux.》<sup>(63)</sup>

すなわち、この酸化水銀を強熱して得られた気体は「固定空気」だと思って、石灰水で試したというのである。既に Priestley が前年の10月に Lavoisier を前にして酸素の事を告げた筈であるから、これは不可解な事である。いずれにせよ、これが Lavoisier が酸素を得た始まりであった。

次いで、この酸化水銀を炭と共に還元して「固定空気」を得、炭の役割を理解した。

Lavoisier は、この酸素の再発見の重要性を理解して、1775年3月24日、科学アカデミーに封印した覚書を提出した。しかし、この覚書の前半は、上述した同年2月末の手稿の発展であり、気体の酸について述べられている。

《Si a ces acides aeriens, on combine du phlogistique, on obtient alors des airs qui ne sont plus Susceptibles d'etre absorbés par l'Eau.》<sup>(64)</sup>  
つまり、これらの気体の酸にフロジストンを結合すると、水に溶けなくなるというのである。恐らく、2月末の手稿にあった硝気 (NO) の事を思い浮べているのであろう。

彼が結論として言いたい事は、

《1° que toute espece d'air absorbable par l'Eau est un acide en Vapeurs. 2° que tout air non absorbable est composé, dun acide en Vapeurs combiné avec le phlogistique. l'analogie d'apres cela conduiroit encore a croire que l'air de l'atmosphere, celui que nous respirons est composé de la meme manière, c'est a dire d'un acide particulier Et de phlogistique.》<sup>(65)</sup>

つまり、水に吸収され得る気体は総て酸の蒸気である事、水に溶けない気体は総て酸の蒸気とフロジストンの結合である事。そして、我々の吸っている空気は、一種の酸とフロジストンの結合である事である。

ここでも、少数の実験例から、Lavoisier は大胆にも一般化を試みている。

そこには、後の語源的な酸素の考え（酸のもと）が既に見られる。

この覚書の後半は酸素について語られており、前半の酸について述べた理論と比べると、はるかに近代的な感じがあり、新と旧が肩を並べて半分ずつを占めた形の覚書である。この後半の内容は、Lavoisier の実験ノートと同じで、酸化水銀から得られる酸素と「固定空気」との区別がはっきりつけられた。

結局、この覚書は開封されて会合で読み上げられる事はなかった。

## (2) 酸素再発見の研究報告

1775年4月26日、Lavoisier は、金属と結合する元素の本質に関する論文を発表した。この論文で Lavoisier が明らかにした酸素発見へのアプローチによると、最初に取り組んだのは、何と凸レンズでの太陽光線による酸化鉄の還元だという<sup>(66)</sup>。注によると、この還元の試みがなされたのが1年以上前という事になっている。確かに  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を強熱すれば酸素は得られるが、Lavoisier によると発生する気体とガラス鐘中の空気とが混ざってしまい、はっきりした結果は出せなかったと言っている。それで今度は酸化水銀の実験に向ったとしているが、Priestley の名は、ここでは出て来ない。酸化水銀の実験と酸素に関しては、この論文の内容は3月24日の封印の覚書と同じである。この4月26日の論文は数年後に科学アカデミーの紀要に掲載されるが、その際、手直しがあった。原文は、しかし、発表直後1775年の5月付の雑誌 *Observation sur la physique* に掲載された。両方を比較すると、Lavoisier が原文の終りを削除している事が分る。その削除された部分で、彼は Priestley の考えに疑問を投じている。

«De ce que l'air commun se charge en air fixe lorsqu'on le combine avec le charbon, il semblerait naturel d'en conclure que l'air fixe n'est autre chose qu'une combinaison de l'air commun et du phlogistique.

Cette opinion est celle de M. Priestley.»<sup>(67)</sup>

すなわち、炭と普通の空気が結合して「固定空気」が生ずる事から、「固定空気」は普通の空気とフロジストンの結合と結論するのが一見自然に思えるが、詳しく調べると矛盾があるというのである。彼は、Priestley にこの考えを帰

せているが、実は自分が2月末に抱いていた考えである。ここでも批判されているのは理論であって、フロジストンそのものではない事に注意する必要がある。

### (3) 酸の理論の確立

上記の論文の丁度一年後、すなわち1776年4月20日、Lavoisierは、「硝酸中の空気存在に関する論文」を読み上げた。この論文の中で、まさに空気の吸収によって磷酸と硫酸が得られる燐と硫黄の燃焼実験が、一般的な酸の本質についての着想を与えた事を示唆している。そして、一般に酸の生成、分解の状況を検討する事により、すべての酸が「空気」からなり、この「空気」はすべてに共通で、各酸が異なるのは、更に個々の異なった元素が結びついているからであると予想したと語っている。

«j'ai cru entrevoir que tous étaient composés en grande partie d'air; que cette substance était commune à tous, et qu'ils étaient ensuite différenciés les uns des autres par l'addition de différents principes particuliers pour chaque acide.»<sup>(68)</sup>

Lavoisierは更に続けて、この予想が実験によって検証できたとしている。

«je suis en état d'avancer affirmativement aujourd'hui que non-seulement l'air, mais encore la portion la plus pure de l'air entre dans la composition de tous les acides sans exception; que c'est cette substance qui constitue leur acidité, au point qu'on peut à volonté leur ôter ou leur rendre la qualité d'acide, suivant qu'on les dépouille ou qu'on leur donne la portion d'air essentielle à leur composition.»<sup>(69)</sup>

すなわち、空気の最も純粋な部分がすべての酸に含まれていて、これが酸の酸たる原因だというのである。その証拠として、この純粋な空気を結合させたり除いたりする事によって、物質に酸の性質を与えたり、無くしたりする事ができるとしている。これが、Lavoisierによる酸の理論であり、数年後にこの気体に「酸素」という名称が与えられるだけで、以後は本質的に変わる事はなかった。

ここで、Lavoisier は例外なく総ての酸がそうであるとしているが、この論文では、硝酸の例を上げている。先ず酸の分解に注目すると、酸を金属に注いだ時に発生する気体は金属から由来するのではなく、酸の分解によって生じるのである。硝酸に水銀を入れると硝酸が分解して、硝気 (NO) が得られる。一方水銀は酸化水銀となるが、これは、水銀が硝酸から酸素を奪ったからだと考えられる。そして実際、酸素を失った硝酸は硝気となって酸性を示さない。更に、この硝気を酸素と結合してやると硝酸が得られ、酸性が戻される。よって、Lavoisier の酸の理論が証明されるというのがこの論文の要旨である。彼は他の酸についても、これからの論文で採り上げていくと語っているが、実は、Lavoisier が総ての酸に例外なく当てはまるとした割には、証明例はそれ程多くなかった。更に、ここで Lavoisier が知っていながら黙っている点がある。それは、金属酸化物は酸素と結合しているにも拘らず、酸性を示さないという事である。この様に、彼の酸の理論は最初から難点があった。

最後に、金属灰の生成に関してフロジストン説を批判している。

《puisque le mercure sort de cette opération précisément tel qu'il y était entré, il n'y a pas d'apparence qu'il ait perdu ni repris du phlogistique,...》<sup>(70)</sup>  
つまり、この硝酸と水銀の実験で、得られた酸化水銀を単なる加熱だけでもとの水銀に戻す事ができ、そこには酸素が関与している事が確認されただけで、水銀がフロジストンを失ったり取り戻したりしたという形跡はない（よってフロジストンはこの場合不必要だ）という事を Lavoisier は言いたかったのであった。

#### (4) 酸素の命名

1777年11月12日、Lavoisier は「燃焼一般について」という題の論文を科学アカデミーで読み上げた。この論文は、これ迄燃焼や金属の煅焼について Lavoisier が発表してきた事の総まとめである。特に気体と火の元素の関係について、彼は考えをはっきりさせ、気体はすべて、何らかの物質と火の元素との結合と言いきっている。よって燃焼や煅焼の際には、Priestley の命名した「脱フロジストン空気」(酸素の事) は分解され、火の元素が熱や炎となって現れ、酸素の基質は可燃物質と結合して酸をつくったり、金属と結合して金属



灰を生成する。燃焼によって生成する酸としては、硫酸、磷酸、炭酸の三つしか上げていないが、注に次の様な事を加えた。

《Je ferai observer ici, en passant, que le nombre des acides est infiniment plus considérable qu'on ne le pense.》<sup>(71)</sup>

つまり、酸の数というのは、人が思っているよりもはるかに多いのだと言っている。実際、18世紀の後半からだんだん多くの酸が発見されてきていた。しかし、実は Lavoisier がこれ迄酸素の存在を確認できた酸は、少ないのである。

更にその2年後、1779年11月23日、Lavoisier は酸の本性についての論文を発表した。この論文の中で、Lavoisier は「酸素」(principe oxygine) という名称を使う事を始めた<sup>(72)</sup>。しかし、注意すべき事は、Lavoisier の principe oxygine 又は principe acidifiant は気体状態の酸素を指しているのではなく、酸素が火の元素を失って結合したもの、すなわち酸素の基質を指している。この論文の内容は、上述の論文と同じく酸素との結合の問題の総まとめであり、生成する酸の例として硝酸が加えられた。更に新しい例として、糖の硝酸による酸化で得られる糖酸が上げられている。そして、同じ様な手法によって、酸素を多くの物質（無機であれ有機であれ）と結合させる事により、多種の酸の生成が可能である事を示そうという膨大な研究プロジェクトを披露している。

さて、2年前の論文では黙っていた問題——金属灰が酸でないという問題をここでは採り上げている。Lavoisier によれば、この金属灰の中でも、酸の性質を示す様になるものがあるというのである。

《même dans cette classe de substances, il en est quelques-unes, comme l'arsenic, le fer et peut-être plusieurs autres, qui, combinées avec le principe acidifiant ou oxygine, jusqu'à un certain degré de surabondance, prennent non-seulement un caractère salin, mais encore acquièrent les propriétés communes aux acides,...》<sup>(73)</sup>

つまり、ヒ素や鉄の様なものは、過剰の酸素と結合する事によって酸に共通した性質を持つ様になるというのである。こうして、彼は将来、金属灰迄も酸化の度合いによって酸の部類に含む事ができる、すなわち酸素が酸の基であると

いう理論が例外なくあてはまる事が示せるという見通しをつけたわけである。

Lavoisier は、10年後の1789年に出版された『化学要論』の中で、金属も過度に酸化が進めば総て酸になると予想し、総ての酸化物の表を作っている。この表によると、水素と鉛を除けば、第3段階まで酸化が進めば、総て（金も白金も含めて）酸になる筈であった<sup>(74)</sup>。結果的には Lavoisier の予想は裏切られるわけであるが、この先入観のおかげで酸についての研究が進んだ事は疑いがない。

## VI 結 論

Lavoisier が酸の問題を重要視したという事は、彼が酸素という名称を選んだ事からも察しがつく通りである。そして、それは、又、彼の最初の燃焼実験で、燐の燃焼によって燐酸、次いで硫黄の燃焼によって硫酸を得たという事実により、印象づけられた事をも物語っている。彼自身、そこから酸の生成の問題を考え始めたと言っている通りである。そこで、一挙に、一般化して、この燃焼の際に吸収される気体は総ての酸に含まれている筈だと考えた。それで、酸と金属が反応して発生する気体は、酸が分解して出てくるのであって、金属からではないとする。それはそれで正しかったのだが、実は、発生してくる気体は酸素でもないし、Lavoisier が初め勘違いをしていた「固定空気」でもない。Lavoisier は結局その事に気づいた筈であり、早々と理論を立てたのは良いが、そこで行き詰まってしまった様である。

Lavoisier が早急な一般化をしてしまったのは、当時既に酸のもととなる元素がある筈だという考えが一般的だったからである。そのいい例が *acidum pingue* であり、Lavoisier も初めの頃はこの *acidum pingue* の説の影響を強く受けていた。

Lavoisier にとって転換点となるのは、酸とは気体が水に溶けたもので、もとは気体である事、そして二酸化炭素の水溶液は酸性を示す事がはっきりした時である。ここで Lavoisier は Priestley の著作に多くを負っていると考えられる。というのは、Priestley がこれら酸性の気体について報告しているから

である。いずれにせよ、酸は気体であると考えた事により、酸の水溶液の分解から発生する気体を酸の元素と考えるのではなく、酸の気体を構成しているものの中に酸の元素を探し求める様になったと言えそうである。こうして、Lavoisier は酸の元素の追求に専念していたと考える事で、Priestley の語った酸素の発見にはすぐ興味を示さなかった理由が説明できよう。Priestley は酸素が燃焼を良く支える事しか言えなかったのであるから。

Lavoisier が燃焼の問題を一時さし置いて目をつけたのは、硝気 (NO) であった。最初は漠然と酸だと考えていたのが、硝酸から得られるにも拘らず酸ではない事を認識したのである。あとは、この硝気に欠けているものを探すだけであった。その時に、たまたま酸化水銀の還元の実験を行って、酸素を得たのである。それで、既に一酸化窒素と硝酸の問題を考えていたからこそ、この酸素をすぐそこに当てはめて、硝酸に変化するメカニズムの解明に成功したのである。Lavoisier にとっては自分の理論の正しさを証明するにはそれで十分で、すぐさま酸の理論として一般化してしまった。それだけ、この先入観は強かったのである。Lavoisier と言え、化学における実験科学の確立者の様に考えられているが、出版されていない手稿を見ると、彼は大胆な仮説を次々に考えている事が分るし、先入観もはっきり示されている。彼の実験も結局はこういった先入観に導かれて行ったものであった。

その先入観の例として上げられるのは、彼の火の元素の考えである。この火の元素というのは当時一般に認められていたアリストテレスの4元素の一つであり、彼の独創ではない。これは実験で確証されたわけではない仮説なのであるが、Lavoisier はこの火の元素の考えに基づいて、物質の三態を把握するに至った。従って気体には、当然火の元素が結びついているわけで、気体の酸素は、酸素と火の元素の結合したものであるという事になる。そして、彼はこの旧式の元素の考えに固執していたからこそ、フロジストン（燃素）の考えに懐疑的であったと言えよう。初めから例えば金属灰の重量増加の様な実験的証拠があつて、フロジストン説に反対していたのではないのである。ここでも、先入観に導かれて、結果的にフロジストン説を打破事ができたのであった。

さて、この Lavoisier の火の元素は、『化学要論』の中でカロリックという名前を与えられ、彼の酸の理論と共に Lavoisier の誤りの代表例として取り沙汰されている。皮肉な事に、この間違ったカロリックの理論のおかげでフロジストン説に染まらずに済んだというわけで、結果的には Lavoisier にとってはプラスになった。一方酸の理論の方はというと、よく例に上げられる塩化水素の様に、後に問題を残す事にはなるが、当時は Lavoisier の示した膨大なプロジェクトに見られる様に、酸化による新しい酸の合成の試みなどで、酸の研究を推進したと言えるであろう。

## 注

### 引用文献の略称

*Oeuvres*=*Oeuvres de Lavoisier*, 6 vol. (Paris 1864—1893)

*Crucial Year*=Guerlac (H.) : *Lavoisier—The Crucial Year* (New York 1961)

*Correspondance*=*Oeuvres de Lavoisier—Correspondance*, 3 vol. (Paris 1955—1964)

*Rév. chim.*=Berthelot (M.) : *La révolution chimique—Lavoisier* (Paris 1890)

*Théoricien* = Daumas (M.) : *Lavoisier—Théoricien et expérimentateur* (Paris 1955)

- (1) Gough (J. B.) : “Lavoisier’s Early Career in Science : An Examination of Some New Evidence”, *The British Journal for the History of Science* 4 (1968) p. 54 に引用されたもの。
- (2) *Ibid.* p. 55の注。
- (3) Meyer (J. F.) : *Essais de chymie sur la chaux vive.....* (P. F. Dreux の訳) (Paris 1766)
- (4) Gough による引用。注(1)の文献 p. 55。
- (5) *Ibid.* p. 55。
- (6) Jacquin (N. J.) : *Examen chymicum doctrinae Meyarianae de acido pingui.....* (Vienna 1769)
- (7) Hales (S.) : *La Statique des végétaux et l’analyse de l’air* (Buffon による訳) (Paris 1735)
- (8) Lavoisier : “Recherches sur les moyens les plus sûrs, les plus exacts et les plus commodes de déterminer la pesanteur spécifique des fluides”, *Oeuvres* T. III, p. 450. Lavoisier はこの論文を1768年3月23日に口頭発表した<sup>2</sup>が、一部手を加えて、同年12月20日に科学アカデミーの書記長の署名をもらった。

- (9) Guyton de Morveau (L.-B.) : *Digressions académiques*, ..... (Dijon 1772).
- (10) Lavoisier が1772年4月29日に科学アカデミーで発表した報告。 *Crucial year* p. 199—204に再録。
- (11) Trudaine から Lavoisier にあてた書簡。 *Correspondance* T. II, p. 368—69.
- (12) Priestley (J.) : *Directions for Impregnating Water with Fixed Air* (1772)
- (13) *Crucial Year* p. 59を参照。
- (14) 1772年7月5日付, Magalhaens (sic) による宛名人不明の書簡。 *Correspondance* T. II, p. 356—66。
- (15) Lavoisier : “Reflexions sur les expériences qu’on peut tenter à l’aide du miroir ardent”, *Crucial Year* p. 214に収録。1772年8月19日に “Mémoire sur le feu élémentaire” という題で科学アカデミーで発表。
- (16) *Ibid.* p. 214。
- (17) Lavoisier : “Essay sur la nature de lair (sic)”, *Crucial Year* p. 215—16に収録された手稿。かぎ括弧の中は Lavoisier が一度抹消した部分。
- (18) *Ibid.* p. 219。
- (19) *Ibid.* p. 223。
- (20) *Crucial Year* p. 223—24に再録。
- (21) *Ibid.* p. 224—27。Lavoisier のこの実験の契機については拙著 “Une nouvelle interprétation de la genèse des expériences de Lavoisier sur la combustion en 1772”, *Historia Scientiarum* 26 (1984) p. 84—94参照。
- (22) *Crucial Year* p. 224。
- (23) *Ibid.* p. 227—28。
- (24) *Crucial Year* p. 230。
- (25) *Rév. chim.* (Lavoisierの実験ノートの概要が収録) p. 236。
- (26) Diderot & D’Alembert : *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des arts et métiers* T. II (1751) p. 544 “Calcination” の項 (G. F. Venel の執筆)。
- (27) Macquer (P.J.) : *Dictionnaire de chymie* (Paris 1766) T. I. p. 234 “Calcination” の項。
- (28) Fric (R.) : “Contribution à l’étude de l’évolution des idées de Lavoisier sur la nature de l’air et sur la calcination des métaux”, *Archives internationales d’histoire des sciences* 12 (1959) p. 166。
- (29) *Ibid.* p. 155。
- (30) *Ibid.* p. 149, 150, 151。
- (31) *Ibid.* p. 158。かぎ括弧は, Lavoisier が抹消した部分。
- (32) *Ibid.* p. 161。
- (33) *Ibid.* p. 161。
- (34) *Ibid.* p. 161。
- (35) *Ibid.* p. 161。

- (36) *Ibid.* p. 158.
- (37) *Ibid.* p. 162.
- (38) *Ibid.* p. 150。2行目の cest は Lavoisier が消し忘れたと考えないと意味が通じないので括弧でくくった。かぎ括弧は Lavoisier による抹消。
- (39) 注 (26) 参照。実は Lavoisier は Macquer の Dictionnaire (注 (27)参照) と混同している。
- (40) *Théoricien* p. 30。(Lavoisier の活動の年表)
- (41) *Opuscules physiques et chimiques* (Paris 1774) *Oeuvres* T. I に再録。p. 612。
- (42) *Ibid.* p. 593。
- (43) *Ibid.* p. 598。
- (44) *Ibid.* p. 612。
- (45) *Rév. chim.* p. 246。
- (46) *Théoricien* p. 31。
- (47) *Oeuvres* T. II, p. 609-11。
- (48) *Théoricien* p. 32。
- (49) 1774年1月15日付ロンドン王立協会あての書簡。 *Correspondance* T. II, p. 400。
- (50) Priestley (J.) : *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (London 1774) 前書きに、1774年の2月の日付が入っている。この本の Part I は既に1772年の *Philosophical Transactions* に掲載されていた。
- (51) *Rév. chim.* p. 256-57。
- (52) Partington (J. R.) : *A History of Chemistry*, vol. 3 (London 1962) p. 402 に引用。
- (53) Lavoisier : “Mémoire sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui augmente le poids” *Oeuvres* T. II p. 122。
- (54) *Rév. Chim.* p. 259。
- (55) *Oeuvres* T. I, p. 637。
- (56) *Rév. chim.* p. 260。
- (57) *Ibid.* p. 262。
- (58) Gough (J. B.) : “Nouvelle contribution à l'étude de l'évolution des idées de Lavoisier sur la nature de l'air et sur la calcination des métaux”, *Archives internationales d'histoire des sciences* 22 (1969) p. 274。
- (59) *Ibid.* p. 273。
- (60) *Ibid.* p. 275。
- (61) *Ibid.* p. 275。最後の文で、Gough の示している綴りでは意味が通じないので、二箇所変更した。
- (62) 注 (53) の文献 p. 122の注。

- (63) *Rév. chim.* p. 264。但し、このタイトルは後の書き加え。
- (64) *Correspondance* T. II, p. 476。
- (65) *Ibid.* p. 476。
- (66) 注 (53) の文献 p. 123。
- (67) *Op. cit. Théoricien* p. 79の注に引用されたもの。
- (68) 注 (53) の文献。p. 129。
- (69) *Ibid.* p. 130。
- (70) *Ibid.* p. 137—38。
- (71) Lavoisier: “Mémoire sur la combustion en général”, *Oeuvres* T. II, p. 227。
- (72) Lavoisier: “Considérations générales sur la nature des acides et sur les principes dont ils sont composés”, *Oeuvres* T. II, p. 249。注によるとこの論文は既に1777年9月5日に提出されている。しかも、1778年度版の科学アカデミーの紀要に掲載された。
- (73) *Ibid.* p. 259。
- (74) Lavoisier: *Traité élémentaire de chimie* (Paris 1789)。第2部につけられた *Tableau des combinaisons binaires de l’oxygène avec les substances métalliques et non métalliques oxydables et acidifiables* を参照。